



PRARANCANGAN PABRIK ETIL KLORIDA DARI ETANOL DAN HIDROGEN KLORIDA KAPASITAS 20.000 TON / TAHUN



Oleh :
Yeni Fiqrianti
D 500 000 111

Dosen Pembimbing
1. Ir. H. Haryanto, A.R, M.S.
2. Emi Erawati, ST.

**JURUSAN TEKNIK KIMIA FAKULTAS TEKNIK
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SURAKARTA
SURAKARTA
2010**



BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang Pendirian Pabrik.

Etil klorida merupakan senyawa organik yang reaktif, tidak larut dalam air atau pelarut organik, jernih atau tidak berwarna, pada suhu kamar berupa gas karena titik didihnya sangat rendah yaitu 12,3°C.

Etil klorida pertama kali ditemukan oleh Basil Valensin pada tahun 1940. Etil klorida banyak diperlukan dalam bidang industri antara lain digunakan sebagai bahan baku pembuatan etil selulosa, cat, obat-obatan, *refrigerant* dan bahan baku pembuatan *tetraethyllead* (TEL) dimana TEL ini adalah bahan aditif yang digunakan dalam bahan bakar dengan tujuan untuk menaikkan angka oktannya. Selain itu etil klorida juga banyak digunakan sebagai bahan anestesik, solven, dan sebagai bahan untuk industri plastik

(Kirk and Othmer, 1981)

Disamping itu etil klorida merupakan bahan utama pembuatan *butyl rubber*, senyawa *organosilicon*, *ethylation agent* untuk memproduksi etil merkaptan dan digunakan pada ekstaksi fat dan minyak.

Industri kendaraan bermotor saat ini memang berkembang pesat yang berakibat meningkatnya kebutuhan akan bahan bakar. Akan tetapi penggunaan TEL sebagai bahan aditif untuk meningkatkan anti *knocking* bensin dibatasi dan bahkan akan dilarang penggunaannya. Salah satu hal yang menggembirakan adalah berkembangnya industri polimer yaitu plastik. Hal ini menyebabkan kebutuhan etil klorida untuk membuat etil selulosa masih cukup besar dan terus meningkat.

Di Indonesia, kebutuhan akan etil klorida masih diimpor dari negara-negara seperti Jepang dan USA.



Tabel 1. Impor Anilin Indonesia Tahun 2000-2004

| No | Tahun | Kapasitas (Kg) |
|----|-------|----------------|
| 1. | 2000 | 1.438.019 |
| 2. | 2001 | 1.090.223 |
| 3. | 2002 | 2.151.680 |
| 4. | 2003 | 1.172.352 |
| 5. | 2004 | 1.836.745 |

(Biro Pusat Statistik, 2000-2004)

Dari uraian diatas maka pendirian pabrik etil klorida perlu dilakukan. Selain itu terdapat beberapa pertimbangan-pertimbangan pendirian pabrik etil klorida di Indonesia, antara lain:

- Penghematan devisa negara, hal ini karena Indonesia selalu mengimpor dalam pemenuhan kebutuhan etil klorida. Selain itu untuk memacu pertumbuhan industri yang menggunakan bahan baku etil klorida.
- Menambah devisa negara dengan meningkatkan komoditi ekspor etil klorida untuk memenuhi kebutuhan diluar negeri. Kelebihan hasil produksi nantinya dapat diekspor ke negara-negara tetangga sehingga menghasilkan devisa bagi negara.
- Menciptakan lapangan kerja baru, sehingga diharapkan dapat meningkatkan taraf hidup rakyat.

1.2. Kapasitas Rancangan.

Kapasitas produksi etil klorida yang di rencanakan, ditentukan berdasarkan kebutuhan etil klorida dalam negeri dan dunia, serta kapasitas pabrik-pabrik yang telah berproduksi seperti terlihat dalam tabel dibawah ini.



Tabel 2. Kapasitas Pabrik yang Telah Berproduksi

| No. | Pabrik | Lokasi | Kapasitas Ton x 10 ³ |
|-----|----------------------------|--------|---------------------------------|
| 1. | <i>J.R. Simplot</i> | USA | 20 |
| 2. | <i>Mobay</i> | USA | 45 |
| 3. | <i>Dupont</i> | USA | 95 |
| 4. | <i>Coastal Chem</i> | USA | 20 |
| 5. | <i>First Chemical</i> | USA | 5 |
| 6. | <i>Farmland Industries</i> | USA | 40 |
| 7. | <i>ANGUS Chemacal</i> | USA | 65 |

(the-innovation-group.com)

Dengan melihat data statistik impor etil klorida di Indonesia, maka dipilih kapasitas produksinya 20.000 ton/tahun. Kapasitas ini sengaja ditetapkan 20.000 ton/tahun dengan pertimbangan antara lain :

1. Dapat memenuhi kebutuhan dalam negeri yang diperkirakan mengalami kenaikan dari tahun ke tahun sebagai hasil dari pembangunan.
2. Dapat membuka kesempatan berdirinya industri-industri lainnya yang menggunakan etil klorida sebagai bahan baku yang selama ini belum berkembang di Indonesia.

Jika memungkinkan bisa mengekspornya ke luar negeri sehingga menghasilkan devisa bagi negara.

1.3 Lokasi

Pemilihan lokasi pabrik merupakan hal yang sangat penting dalam perancangan pabrik, karena harus dapat memberikan keuntungan jangka panjang dan dimungkinkan untuk mengembangkan pabrik dimasa yang akan datang. Pada perancangan ini dipilih daerah Surakarta Provinsi Jawa Tengah, karena Surakarta dekat dengan bahan baku.

Adapun faktor-faktor yang perlu dipertimbangkan dalam penentuan lokasi pabrik adalah sebagai berikut:



1. Sumber bahan baku
2. Pemasaran produk
3. Transportasi
4. Utilitas
5. Tenaga kerja
6. Ketersediaan lahan yang memadai

Dengan mempertimbangkan keenam faktor diatas maka lokasi pabrik yang dipilih adalah daerah Surakarta. Dengan pertimbangan-pertimbangan yang dipilih adalah sebagai berikut:

1.3.1. Sumber Bahan Baku

Bahan baku yang digunakan adalah etanol dan hidrogen klorida. Etanol diperoleh dari PT Indo Acidatama Chemical, sehingga. Hidrogen klorida yang di peroleh dari PT Sulfindo Adi Usaha, Serang, Banten.

1.3.2 Pemasaran Produk

Surakarta relatif dekat gengan industri hilir karena merupakan kota yang industrinya berkembang sehingga produk etil klorida tidak akan mengalami kesulitan untuk didistribusikan ke konsumen yaitu pabrik-pabrik pemakai etil klorida sebagai bahan baku, sehingga kebutuhan lokal dapat tercukupi.

1.3.3 Transportasi

Ketersediaan transportasi yang mendukung distribusi produk dan bahan baku baik melalui darat maupun udara. Sehingga daerah yang akan dijadikan lokasi pabrik haruslah mempunyai fasilitas transportasi yang memadai dan biaya untuk transportasi dapat ditekan sekecil mungkin. Seperti jalan penghubung antara produsen dan konsumen mempermudah kemungkinan pengiriman bahan, peralatan ataupun hasil produksi. Di daerah Surakarta cukup ideal untuk transportasi melalui darat maupun udara karena



adanya jalan raya dan jalur kereta api Surabaya-Jakarta serta adanya bandar Udara Adi Sumarmo.

1.3.4 Utilitas

Fasilitas yang terdiri dari penyediaan air, bahan bakar, mengharuskan lokasi pabrik dekat dengan sumber air dan untuk pengadaan bahan bakar dan listrik harus dekat dengan pusat pengadaan bahan bakar untuk kebutuhan air dapat diperoleh dari air sungai. Kebutuhan akan listrik didapat dari PLN atau *Steam power plant* sedangkan kebutuhan bahan bakar diperoleh dari depot PERTAMINA.

1.3.5 Tenaga Kerja dan Tenaga Ahli

Tenaga kerja di daerah Surakarta cukup banyak tersedia atau dapat didatangkan dari daerah-daerah lain disekitarnya, sehingga kebutuhan tenaga kerja akan terpenuhi. Sedangkan tenaga ahli diperoleh selain dari luar negeri juga melalui kerja sama dengan perguruan tinggi di Indonesia pada umumnya dan lembaga-lembaga pemerintah maupun swasta. Dengan didirikannya pabrik etil klorida ini akan berdampak terbukanya lapangan kerja baru di Surakarta sehingga pengangguran dapat dikurangi serta pemerataan kesempatan kerja dan kekuatan ekonomi Indonesia akan lebih mudah.

1.3.6 Ketersediaan Lahan yang Memadai

Pabrik yang didirikan harus jauh dari pemukiman penduduk dan tidak mengurangi lahan produktif pertanian agar tidak menimbulkan dampak negatif bagi masyarakat dan lingkungan sekitarnya. Juga perlu dipilih lokasi pabrik yang masih memungkinkan untuk pengembangan area pabrik. Hal ini berkaitan dengan kemungkinan pengembangan pabrik dimasa yang akan datang.



1.4. Tinjauan Pustaka

1.4.1. Macam-macam Proses

Abad ke-15 etil klorida diproduksi dari etanol dan hidrogen klorid untuk pertama kalinya oleh Valentine. Namun pembuatan etil klorid secara industri baru dimulai pada tahun 1922 di USA sebagai bahan dasar pembuatan TEL yaitu bahan aditif untuk meningkatkan kualitas anti *knocking* gasolin

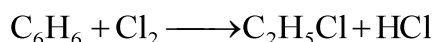
(Kirk and Othmer, 1979)

Ada tiga macam pembuatan etil klorid secara industri yaitu klorinasi etana, hidroklorinasi etilen dan Reaksi katalitik etanol dan hidrogen klorida.

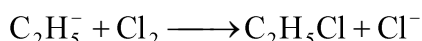
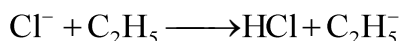
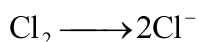
(Mc. Ketta and Cunningham, 1979)

1. Klorinasi etana

Klorinasi ini dapat berlangsung pada tiga keadaan, yaitu proses thermal klorinasi, proses petrokimia dan proses katalitik. Dari ketiga proses ini yang paling menguntungkan adalah proses *thermal* klorinasi. Reaksi yang terjadi pada proses *thermal* klorinasi adalah sebagai berikut :



Reaksi di atas merupakan reaksi eksotermis (-27,9 kcal/grmol) yang berlangsung pada temperatur 230°C. Pada temperatur sekitar 400°C akan terjadi mekanisme reaksi radikal seperti berikut ini :



Temperatur reaksi harus dipertahankan selalu tetap untuk mengurangi terjadinya produk samping, mencegah terjadinya pirolisa etil klorida menjadi *ethylene* dan hidrogen klorida, dan terjadinya reaksi karbonisasi. Reaksi karbonisasi dapat terjadi jika perbandingan

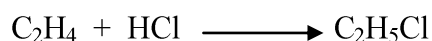


klorin dan etana terlalu besar, sedangkan pirolisis terjadi jika temperaturnya terlalu tinggi. Untuk itu reaktor yang digunakan harus merupakan reaktor yang dilengkapi dengan pendingin agar panas yang timbul bisa diserap sehingga suhunya konstan. Reaktor jenis ini adalah reaktor *fluidized bed*, dengan zat yang terfluidisasi bukan merupakan katalis, misalnya pasir dengan ukuran 60 dan 140 mesh. Klorin dan etana dimasukkan dari dasar reaktor melalui jets yang berdiameter $\frac{1}{16}$ dan $\frac{1}{4}$ inch.

Etil klorida yang dihasilkan sangat tergantung pada perbandingan klorin dan etana yang digunakan. Pada perbandingan klorin dan etana sebesar dua banding satu, etil klorida yang dihasilkan sebesar 95,5% mol. Selektifitas yang paling besar dihasilkan pada temperatur operasi 350-400°C. Karena karbon terbentuk pada temperatur 400-450°C, maka range suhu 350-450°C merupakan range yang terbaik. Tekanan operasi sebaiknya cukup tinggi dan waktu kontak reaksi adalah sebesar 1-2 detik.

2. Hidroklorinasi *ethylene*

Hidroklorinasi *ethylene* menjadi etil klorida dapat terjadi pada fasa uap dan fasa cair. Reaksi yang terjadi adalah sebagai berikut :



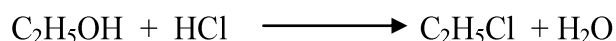
Bila proses berlangsung pada fasa uap, reaksi terjadi pada reaktor *fixed bed* dengan menggunakan katalis dan produk reaktor berupa gas masuk ke proses pemurnian. Proses berlangsung pada temperatur 175°C dan tekanan 250 psig, dengan katalis tembaga klorida yang didukung zeng klorida di atas alumina berpori. Konversi per pass-nya sebesar 90% dan *yield* yang dihasilkan sebesar 99,5%. Bila katalis yang digunakan zink klorida dengan *charcoal*, maka konversi yang diperoleh hanya 84%. Proses fasa uap ini sulit karena sulitnya regenerasi katalis dan memerlukan sistem pendingin untuk menjaga agar temperatur reaksi tetap.



Pada proses fasa cair, uap etilena dan uap hidrogen klorida dicampur dan selanjutnya diumpankan ke dalam tangki yang sebagian telah diisi katalis cair. Katalis yang digunakan adalah alumunium klorida dengan konsentrasi kurang dari 1%. Konsentrasi katalis yang sering digunakan sebesar 0,2 – 0,3% berat. Reaksi antara *ethylene* dan hidrogen klorida merupakan reaksi yang sangat cepat dan menghasilkan panas. Untuk itu reaktor yang digunakan harus dilengkapi dengan pendingin. Untuk mencegah terjadinya deaktivasi katalis dan produk samping, sebagian cairan di dalam reaktor perlu dibuang. Umpan hidrogen klorida yang tidak bereaksi di *recovery* dan di *recycle*. Proses ini menghasilkan *yield* sebesar 98%. Banyaknya katalis yang digunakan adalah 0,5 sampai 0,8 lb setiap 100 lb etil klorida.

3. Reaksi katalitik etanol dan hidrogen klorida

Pada proses ini, etanol dan hidrogen klorida direaksikan dengan menggunakan katalis zink klorida pada temperatur 145-200°C yang akan menghasilkan etil klorida dan air. Reaksi yang terjadi adalah :



Proses ini berlangsung pada tekanan 2 atm dan dilakukan dalam reaktor *fixed bed multitube*.

Pada proses ini konversinya sebesar 95%, berdasarkan pada etanolnya dan kemurniannya 95%. Yang perlu diperhatikan pada proses ini adalah terbentuknya reaksi samping, yaitu kombinasi dua molekul etanol akan menghasilkan dietil eter, sesuai dengan reaksi sebagai berikut:



Untuk mencegah terjadinya reaksi tersebut, maka harus digunakan hidrogen klorida yang berlebihan, yaitu sekitar 10-15% eksess.



Proses yang terjadi adalah etanol dan hidrogen klorida dimasukkan ke dalam reaktor. Produk etil klorida yang berbentuk uap dilewatkan melalui *water scrubber*, sehingga memenuhi spesifikasi yang diinginkan. Selanjutnya produk etil klorida disimpan di dalam tangki *storage*.

Pada pra rancangan pabrik etil klorida ini dipilih dengan menggunakan proses katalitik etanol dan hidrogen klorida, karena proses ini mempunyai beberapa keuntungan, yaitu :

1. Proses ini berlangsung pada temperatur dan tekanan yang rendah, sehingga pada pelaksanaannya lebih mudah. Temperatur operasi adalah 145-200°C, sedangkan tekanan operasinya sebesar 2 atm.
2. Biaya produksinya lebih murah dibandingkan dengan proses pertama dan proses kedua. Hal ini disebabkan karena harga bahan bakunya, yaitu hidrogen klorida dan etil klorida lebih murah jika dibandingkan dengan etana, klorin, maupun etilena.

1.4.2. Kegunaan Produk

Kegunaan etil klorida adalah sebagai bahan utama pembuatan *butyl rubber*, senyawa *organosilicon*, *ethylation agent* untuk memproduksi etil merkaptan dan digunakan pada ekstraksi lemak dan minyak. Pada industri kendaraan bermotor TEL digunakan untuk bahan aditif untuk meningkatkan anti *knocking* bensin dibatasi dan bahkan akan dilarang penggunaannya. Sedangkan pada industri plastik etil klorida digunakan untuk pembuatan etil selulosa.

1.4.3. Sifat Fisika dan Kimia Bahan Baku dan Produk

1.4.3.1 Sifat Bahan Baku

a. Etanol

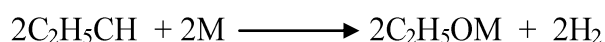
Etanol juga sering disebut dengan etil alkohol, grain alkohol, *cologne spirit* dan etil hidroksida. Etanol murni merupakan cairan *volatile* (mudah menguap), mudah terbakar, beracun, jernih dan



memiliki rasa yang tajam dan bau yang khas. Titik didih etanol murni adalah 78,3°C pada tekanan 1 atm. Etanol ini dapat dicampur dengan air, eter, karbon disulfida, *chloroform* serta alkohol yang lain. Etanol dapat diproduksi dengan bermacam cara, yaitu dengan proses fermentasi, biosintesis dan dengan sintesis kimia. Sifat-sifat fisik etanol adalah sebagai berikut :

| | |
|-----------------------------------|--------------------------------------|
| Rumus molekul | : CH ₃ CH ₂ OH |
| Berat molekul | : 46,7 kg/kgmol |
| Titik leleh | : - 114,15 °C |
| Titik didih | : 78,32 °C |
| <i>Heat of fusion</i> | : 4,64 kJ/mol |
| Panas latent penguapan | |
| 70 °C | : 855,66 kJ/kg |
| 80 °C | : 900,83 kJ/kg |
| 100 °C | : 799,05 kJ/kg |
| <i>Spesific heat</i> 16-21 °C | : 2,415 J/gr K |
| <i>Thermal konduktiviti</i> 20 °C | : 18 W/m.K |
| Panas pembakaran | : 1.370,82 kJ/mol |
| Viscositas, 20 °C | : 1,17 mPa |
| Tegangan permukaan, 20 °C | : 22,03 mN/m |
| Density | : 0,78942 |

Sifat-sifat kimia etanol terutama dalam hubungannya dengan hidroksil misalnya reaksi dehidrogenasi, oksidasi dan esterifikasi. Atom hidrogen ini dapat diganti dengan logam aktif, misalnya natrium, kalsium, kalium dan menghasilkan logam ethoksida seperti pada reaksi berikut ini :

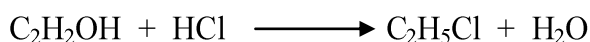


Etanol jika terhidrogenasi akan menghasilkan asetaldehid. Ethanol dan asam karbosiklis atau anhidrid akan menghasilkan ester. Oksidasi larutan etanol menjadi asam asetat dapat dilakukan dengan oksigen pada tekanan satu atmosfer dengan bantuan bakteri. Gugus



hidroksil pada etanol dapat diganti dengan halogen untuk menghasilkan etil halida.

Reaksi antara etanol dan hidrogen klorida dengan katalis seng klorida pada temperatur 145-200 °C dan tekanan 2 atm, akan menghasilkan etil klorida dan air.



b. Hidrogen klorida

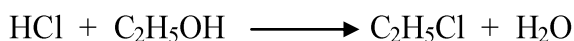
Hidrogen klorida atau dapat juga disebut asam muriatik merupakan senyawa yang penting untuk membuat bahan-bahan hidrokarbon terklorinasi. Larutan ini jika murni merupakan cairan yang tidak berwarna, sangat korosif, asapnya berbau sangat menyengat dan dapat mematikan jika dihirup dalam jumlah yang banyak. Gas hidrogen klorida anhidrous ini kurang korosif jika dibandingkan dengan larutannya dalam konsentrasi yang tinggi. Tetapi walaupun demikian gas ini dapat mengiritasi mata dan kulit. Di pasaran umum hidrogen klorida ini dijual dengan konsentrasi 31,45% dan 53,21% dalam bentuk cairan. Kelarutan hidrogen klorida di dalam air pada tekanan atmosfer dan temperatur kamar adalah sebesar 42% berat dan semuanya terurai dalam bentuk larutan yang akan mengeluarkan panas yang cukup besar pada proses pelarutannya. Warna larutan hidrogen klorida akan berubah menjadi kekuningan jika mengandung besi, klorin atau bahan-bahan organik yang lain. Larutan hidrogen klorida ini dapat bereaksi dengan logam. Sifat-sifat fisik hidrogen klorida yang lain adalah sebagai berikut :

| | |
|---------------------------|-------------------|
| Rumus molekul | : HCl |
| Berat molekul | : 36,461 kg/kgmol |
| Kemurnian | : 100 % |
| Titik didih (1 atm) | : -85,1 °C |
| Titik leleh | : -114,1 °C |
| Densitas uap, 0 °C, 1 atm | : 1,477 g/liter |



| | |
|------------------------------|--------------------|
| Temperatur kritis | : 51,5 °C |
| Tekanan kritis | : 1,205 psia |
| Tekanan uap, 25 °C | : 693 psia |
| Panas penguapan, -121 °F | : 105,84 cal/gr |
| Tegangan permukaan, -82,9 °C | : 21,78 dyne |
| Panas peruraian, -11,2 °C | : 176 cal/gr |
| Panas pembentukan gas, 25 °C | : 22,063 kcal/mol |
| Viskositas gas, 0 °C | : 137,9 mikropoise |
| 20 °C | : 156 mikropoise |
| 100 °C | : 182,2 mikropoise |

Sifat kimia hidrogen klorida adalah jika direaksikan dengan etil klorida pada temperatur 145-200 °C dan tekanan 2 atm serta dengan katalis seng klorida, akan menghasilkan etil klorida dan air.



1.4.3.2 Sifat Produk

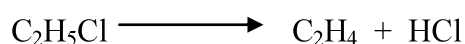
Etil klorida ini merupakan zat berwarna yang berbentuk gas pada tekanan 1 atmosfer dan temperatur di atas 12,3 °C. Etil klorida ini mudah dikompresi menjadi cairan *volatile* yang mempunyai bau seperti obat bius dan zat ini mudah terbakar. Cairan ini juga dapat menyebabkan iritasi pada kulit dan mata. Etil klorida ini stabil terhadap pengaruh temperatur, tidak terdegradasi sampai pada temperatur 400 °C. Sifat-sifat fisik etil klorida yang lain adalah :

| | |
|------------------------------------|--------------------------------------|
| Rumus molekul | : CH ₃ CH ₂ Cl |
| Berat molekul | : 64,52 |
| Titik leleh | : -136,4 °C |
| Titik didih, 1 atm | : 12,3 °C |
| Temperatur kritis | : 187,2 °C |
| Tekanan kritis | : 52 atm |
| Spesifik gravity uap, 1 atm | : 2,22 |
| Kapasitas panas cairan, -28, -4 °C | : 0,426 cal/g°C |



| | |
|--------------------------------|--------------------|
| 0 °C | : 0,367 cal/g°C |
| Kapasitas uap, 1,37 atm, 40 °C | : 0,244 cal/g°C |
| Panas penguapan, 4,7 °C | : 92,93 cal/g |
| 15 °C | : 92,45 cal/g |
| 20 °C | : 92,22 cal/g |
| 25 °C | : 91,88 cal/g |
| Panas pembakaran | : 341,1 kcal/mol |
| Panas pembentukan, cairan | : -32 kcal/grmol |
| Uap | : -26,1 kcal/grmol |

Etil klorida akan terdekomposisi pada temperatur yang tinggi menjadi etilena dan hidrogen klorida. Dekomposisi ini meningkat pada temperatur 400-500°C. Bila etil klorida dipanaskan pada temperatur 500-600°C dan dilewatkan pada *pumice packing* yang panas akan terdekomposisi menjadi etilena dan hidrogen klorida dalam jumlah yang lebih banyak. Dekomposisi ini dikontakkan dengan klorida dari nikel, cobalt, besi, natrium, kalium dan perak.

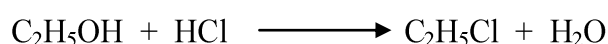


Reaksi etil klorida dengan uap air pada temperatur 300-425°C dengan adanya katalis seperti titanium oksida dan barium klorida akan menghasilkan 1,1 dikloroethana dan 1,1,1 trikloroethana. Bila klorinasi terjadi pada pengaruh panas yang lebih banyak akan dihasilkan perkloroethana. Reaksi antara etil klorida dan benzena pada 25°C dengan katalis *friedel crafts* menghasilkan etil benzena dan dietil benzena.

1.4.4. Tinjauan Proses Secara Umum

Proses pembuatan etil klorida dikondisikan pada suhu 145-200°C dan tekanan 2 atm akan diperoleh konversi mencapai 95%.

Reaksi :



Reaktor yang digunakan adalah *fixed bed multi tube*, non adiabatik dan non isothermal dengan media pendingin air. Produk keluar



reaktor berupa gas akan dumpakan menuju *scrubber* untuk menyerap impuritas dengan media penyerap air. Untuk proses selanjutnya diumpakan menuju dekanter yang berfungsi untuk memisahkan produk etil klorida dengan air